

Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет України
”Київський політехнічний інститут”

**РОЗРАХУНОК ТА АНАЛІЗ СИСТЕМИ СОНЯЧНОГО
ГАРЯЧОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ В
ПРОГРАМНОМУ СЕРЕДОВИЩІ RETScreen**

Методичні вказівки
до виконання комп’ютерного практикуму з курсу
«Нетрадиційні та поновлювані джерела енергії»

Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет України
"Київський політехнічний інститут"

**РОЗРАХУНОК ТА АНАЛІЗ СИСТЕМИ СОНЯЧНОГО
ГАРЯЧОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ В
ПРОГРАМНОМУ СЕРЕДОВИЩІ RETScreen**

Методичні вказівки
до виконання комп'ютерного практикуму з курсу
«Нетрадиційні та поновлювані джерела енергії»
для студентів спеціальностей
«Енергетичний менеджмент» та
«Екологія та охорона навколишнього середовища»

Київ 2015

Розрахунок та аналіз системи сонячного гарячого водопостачання в програмному середовищі RETScreen [Текст] / Метод. вказівки до виконання комп'ютерного практикуму з курсу „Нетрадиційні та поновлювані джерела енергії” для студ. спец. „Енергетичний менеджмент”, „Екологія та охорона навколишнього середовища”, / Уклад: В.В. Дубровська, В.І. Шкляр, В.В. Задвернюк – К., 2015. - 27с.

Гриф надано Методичною радою ІЕЕ НТУУ „КПІ”
(Протокол № 9 від 27.04 2015 р.)

На в ч а л ь н е в и д а н н я

**Розрахунок та аналіз системи сонячного гарячого водопостачання
в програмному середовищі RETScreen**

Укладачі: В.В. Дубровська, канд. техн. наук, доц.
 В.І. Шкляр, канд. техн. наук, доц.
 В. В. Задвернюк, ст. викладач

Відповідальний
редактор

О.В. Ленькин, канд. техн. наук, доц.

Рецензент

А.М. Ковальчук, канд. техн. наук, доц.

ЗМІСТ

Вступ.....	4
1 Мета і основні завдання роботи.....	5
2 Опис комп'ютерної програми	20
3 Послідовність виконання роботи і оформлення звіту.....	24
Контрольні питання	25
Список рекомендованої літератури.....	26
Додаток.....	27

ВСТУП

RETScreen є провідним програмним забезпеченням у світі, призначеним для аналізу і прийняття рішень по проектах екологічно чистої енергії. Воно надається урядом Канади безкоштовно, оскільки Канада визнає необхідність інтегрованого підходу у вирішенні проблем, пов'язаних зі змінами клімату і зниженням рівня забруднення навколишнього середовища. RETScreen - це визнаний помічник при розробці проектів екологічно чистої енергії по всьому світу.

RETScreen дозволяє в простій формі і зручному форматі при відносно мінімальних витратах визначити фінансову придатність запропонованих проектів з використанням відновлюваної енергії, енергозберігаючих проектів або проектів з когенерації.

Проектні моделі RETScreen розробляються на основі всеосяжних технологій і включають як традиційні, так і нетрадиційні джерела чистої енергії, а також загальноприйняті джерела енергії та технології. Прикладами таких проектних моделей можуть бути:

- раціональне використання енергії (від великих промислових об'єктів до окремих будинків);
- опалення та охолодження (за рахунок біомаси, теплових насосів та повітряного і водяного опалення за допомогою сонячної енергії);
- отримання електричної енергії з використанням поновлюваних джерел, таких як сонячна, вітрова, хвильова, гідро- і геотермальна енергія, а також загальноприйнятих технологій: газові і парові турбіни та поршневі двигуни;
- комбіноване виробництво теплової та електричної енергії (або когенерація).

1 МЕТА І ОСНОВНІ ЗАВДАННЯ РОБОТИ

Мета роботи – закріпити знання отримані в процесі вивчення курсу, засвоїти методику моделювання системи сонячного нагрівання води в програмному середовищі RETScreen.

Основні завдання роботи:

1. Виконати моделювання системи сонячного нагрівання води в програмному середовищі RETScreen для визначення експлуатаційних, технічних, енергетичних, економічних та екологічних характеристик. Варіанти завдання наведено в додатку (табл. Д1).
2. Провести аналіз отриманих результатів моделювання.

2 ОПИС КОМП'ЮТЕРНОЇ ПРОГРАМИ

Програма RETScreen[®] International «Моделювання системи сонячного нагрівання води» може використовуватися для оцінки виробництва енергії, економічних витрат та впровадження сонячної системи нагрівання води і зниження викидів парникових газів для трьох основних напрямків застосування рідинних сонячних колекторів: гаряче водопостачання, нагрівання води для технологічних процесів і для відкритих і закритих плавальних басейнів. Причому, розміри систем сонячного нагрівання води можуть варіюватися в широких межах: від маленьких індивідуальних систем до потужних комерційних і індустріальних систем.

Програма « RETScreen» створена на базі програмного середовища «Excel» і є у вільному доступі в Інтернеті [1]. Після встановлення програми на комп'ютері, вона відкривається подвійним натисканням на ярлик, який розташований на «Робочому столі». Для спрацювання всіх можливостей RETScreen необхідно включити «Макроси», які входять до складу програми. Дозвіл на включення макросів достатньо підт-

вердити один раз при запиті «Excel», або виконати відповідні налаштування програми «Excel» (Файл / Параметри / Центр керування безпекою / Параметри центру керування безпекою).

Програма складається з наступних листів програмного середовища «Excel»:

1. «Початок».
2. «Енергетична модель».
3. «Засоби».

Лист «**Початок**» включає інформацію про проект та вихідні умови місцезнаходження системи гарячого водопостачання (географічне розміщення, надходження сонячної радіації, кліматичні характеристики повітря та інше).

В листі «**Енергетична модель**» проводять розрахунки енергетичних характеристик системи, зниження емісії парникових газів (ПГ) за рахунок використання поновлюваних джерел енергії та фінансовий аналіз впровадження системи з визначенням строку окупності проекту. Розрахунки базуються на параметрах реальних моделей незаскленних, заскленних і вакуумованих сонячних колекторів;

Лист «**Засоби**» дозволяє користувачу вводити додаткові дані для розрахунків.

В залежності від обраної мови завантаження, при відкриванні програми на екрані з'являється вікно з листом «Початок» українською або «Start» - англійською (рис.1). Для зміни мови на українську активують комірку поруч з написом «Show settings» та у відкритому вікні обирають «Українська».

Для виконання розрахунків користувач повинен ввести дані у комірки різного кольору (див. табл.1).

Таблиця 1.

Білі	Є вихідними параметрами програми і заповнюються програмою.	Доступ до таких комірок для користувача закритий.
Жовті	Комірки, заповнення яких необхідно для запуску програми.	Заповнюються користувачем
Блакитні	Комірки, заповнення яких необхідно для запуску програми.	Можуть заповнюватися або користувачем або з бази даних програми.
Сірі	Комірки для проставлення посилань.	Не є необхідними. Заповнюються користувачем.

RETScreen4-1 - Microsoft Excel

Главная Вставка Разметка страницы Формулы Данные Рецензирование Вид Настройки RETScreen

K75

Програма для аналізу проектів з виробництва чистої енергії

Інформація по проекту [Див. базу проектів](#)

Назва проекту

Місце розташування проекту

Підготовано для

Підготовано

Тип проекту

Тип об'єкту

Тип аналізу




Нормативна величина для опалення

Показати настройки ☐

Вихідні умови місцезнаходження [Оберіть кліматичну зону](#)

Розміщення кліматичних даних

Показат дані ☐

    [Заповніть лист Енергетичної моделі](#)

RETScreen4 2013-08-27 © Minister of Natural Resources Canada 1997-2013. NRCan/CanmetENERGY

Початок Енергетична модель Засоби

Готово

118%

14:42 19.03.2015

RETScreen4-1 - Microsoft Excel

Главная Вставка Разметка страницы Формулы Данные Рецензирование Вид Настройки RETScreen

D32 Ukrainian - Українська

Project information [See project database](#)

Project name

Project location

Prepared for

Prepared by

Project type

Facility type

Analysis type

Heating value reference

Show settings ☒

Language - Langue

User manual





Currency

Units

Site reference conditions [Select climate data location](#)

Climate data location

Show data ☐

    [Complete Energy Model sheet](#)

RETScreen4 2013-08-27 © Minister of Natural Resources Canada 1997-2013. NRCan/CanmetENERGY

Start Energy Model Tools

Зараз модель буде перекладена на українську мову

15:39 19.03.2015

Рис. 1. Лист "Початок".

Комірки можуть заповнюватися як безпосереднім введенням даних, так і вибором припустимого значення із списку значень, які з'являються при активації комірки.

Якщо позначити комірку та натиснути команду «RETScreen» в рядку головного меню та обрати піктограму команди «Допомога» (рис.2 поз.1), то з'явиться вікно з додатковою інформацією.

Наступним кроком є заповнення комірок даного листа.

Комірки «Назва проекту»; «Місце розташування проекту»; «Підготовано для» та «Підготовано» заповнюються тільки з метою посилань. Інші комірки при виконанні цього комп'ютерного практикуму заповнюються у відповідності до рис.2.

Інформація по проєкту

Назва проєкту: Розрахунок сонячної системи нагрівання води

Місце розташування проєкту: м. Київ

Підготовано для: IEE, TE

Підготовано:

Тип проєкту: Опалення

Технологія: Сонячний водонагрівач

Тип аналізу: Метод 1

Нормативна величина для опалення: Нижча теплота згорання

Показати настройки: ☒

Мова: Ukrainian - Українська

Керівництво користувача: English - Anglais

Валюта: Україна

Одиниці: Метричні одиниці

Вихідні умови місцезнаходження

Оберіть кліматичну зону

Розміщення кліматичних даних: Borispol/Keiv

Показати дані: ☐

RETScreen

Країна - регіон: Україна

Провінція / штат: n/a

Розміщення кліматичних даних: Borispol/Keiv

Широта: 50,3 °N

Довгота: 31,0 °E

Підняття: 122 м

Розрахункова температура опалення: -16,2 °C

Розрахункова температура охолодження: 29,0 °C

Амплітуда коливань температури землі: 22,2 °C

	Температура повітря °C	Відносна вологість %	Денна сума сонячної радіації - на горизонтальній поверхні кВт/год/м²/день	Атмосферний тиск кПа	Швидкість вітру м/с	Температура землі °C	Градусо-дні опалювального сезону °C-д	Градусо-дні з від'ємною температурою °C-д
Січ	-3,8	84,9%	0,84	100,1	4,2	-5,9	676	0
Лют	-3,3	81,6%	1,55	100,0	4,4	-4,9	596	0
Бер	0,9	77,1%	2,58	100,0	4,3	0,5	530	0
Квіт	8,7	69,7%	3,73	99,7	3,9	9,8	279	0
Трав	14,6	66,4%	5,26	99,7	3,8	16,8	105	143
Черв	17,8	70,1%	5,71	99,5	3,5	19,8	6	234
Лип	20,3	69,9%	5,46	99,6	3,2	22,0	0	319
Серп	18,9	70,8%	4,69	99,7	3,1	21,8	0	276
Вер	13,3	76,2%	3,23	99,8	3,5	15,8	141	99
Жовт	7,5	80,8%	1,86	100,2	3,7	8,5	326	0
Лист	1,3	87,0%	0,81	100,2	4,0	0,4	501	0
Груд	-3,2	86,3%	0,57	100,2	4,0	-5,1	657	0
Щорічний	7,8	76,7%	3,03	99,9	3,8	8,4	3 817	1 071

Джерело: Грунтовий

Вимірю в: м

Рис.2 Приклад заповнення листа "Початок" та вибір кліматичної зони.

Особливу увагу необхідно звернути на заповнення комірок 2-3 (рис.2) у відповідності до таблиці 2.

Таблиця 2.

Тип аналізу	Метод 1
Нормативна величина для опалення (рис.2 поз.2)	Нижча теплота згоряння
Одиниці (рис.2 поз.3)	Метричні одиниці

При активації комірки «Оберіть кліматичну зону» (рис.2 поз.4) відкривається нове вікно (рис.2 поз.5), в якому необхідно вибрати країну та місто (рис.2 поз.6) у відповідності до варіанту завдання. Введення цих даних у програму здійснюється за допомогою кнопки «Внести дані» (рис.2 поз.7). При позначенні комірки 8 (рис.2) лист «Початок» буде мати вигляд (рис.3).

Наступним кроком є заповнення листа «Енергетична модель», який складається з наступних розділів:

- 1) проект теплопостачання;
- 2) аналіз викидів;
- 3) фінансовий аналіз.

Розділ «Проект теплопостачання».

Характеристика навантаження.

Заповнюємо лист (рис.4) у відповідності до наведеної таблиці 3.

Таблиця 3.

Характеристика навантаження	Гаряча вода
Тип навантаження	Дім
Кількість одиниць / Житель	У відповідності до варіанту
Коефіцієнт зайнятості	100
Щоденне споживання гарячої води	У відповідності до варіанту
Температура, °C	55
Кількість робочих днів в тиждень	У відповідності до варіанту
Відсоток місяців використання	У відповідності до варіанту

Метод підведеної температури	Заданий користувачем
Температура води - мінімальна, °C	5
Температура води - максимальна, °C	15

Інформація по проєкту

Назва проєкту

Розрахунок сонячної системи нагрівання води

Місце розташування проєкту

м. Київ

Підготовано для

IEE, TE

Підготовано

Тип проєкту

Опалення

Технологія

Сонячний водонагрівач

Тип аналізу

Метод 1

Нормативна величина для опалення

Ніжча теплота згорання

Показати настройки

☒

Мова

Ukrainian - Українська

Керівництво користувача

English - Anglais

Валюта

Україна

Одиниці

Метричні одиниці

Вихідні умови місцезнаходження

Оберіть кліматичну зону

Розміщення кліматичних даних

Borispol/Kiev

Показати дані

☒

Широта

°N

50.3

Довгота

°E

31.0

Підняття

м

122

Розрахункова температура опалення

°C

-16.2

Розрахункова температура охолодження

°C

29.0

Амплітуда коливань температури землі

°C

22.2

Розміщення кліматичних даних

Місце розташування проєкту

Одиниця

°N

50.3

°E

31.0

м

122

Місяць	Температура повітря °C	Відносна вологість %	сонячної радіації - на горизонтальній кВтгод/м²/день	Атмосферний тиск кПа	Швидкість вітру м/с	Температура землі °C	Градусо-дні опалювально го сезону °C-д	Градусо-дні з від'ємною температурою °C-д
Січень	-3.8	84.9%	0.84	100.1	4.2	-5.9	676	0
Лютий	-3.3	81.6%	1.55	100.0	4.4	-4.9	596	0
Березень	0.9	77.1%	2.58	100.0	4.3	0.5	530	0
Квітень	8.7	69.7%	3.73	99.7	3.9	9.8	279	0
Травень	14.6	66.4%	5.26	99.7	3.8	16.8	105	143
Червень	17.8	70.1%	5.71	99.5	3.5	19.8	6	234
Липень	20.3	69.9%	5.46	99.6	3.2	22.0	0	319
Серпень	18.9	70.8%	4.69	99.7	3.1	21.8	0	276
Вересень	13.3	76.2%	3.23	99.8	3.5	15.8	141	99
Жовтень	7.5	80.8%	1.86	100.2	3.7	8.5	326	0
Листопад	1.3	87.0%	0.81	100.2	4.0	0.4	501	0
Грудень	-3.2	86.3%	0.57	100.2	4.0	-5.1	657	0
Щорічний	7.8	76.7%	3.03	99.9	3.8	8.4	3 817	1 071
Виміряно в	м				10.0	0.0		

NASA

UNEP

GEF

reep

Завантажити лист Енергетичної моделі

RETSscreen4 2013-08-27

© Minister of Natural Resources Canada 1997-2013.

NRCan/CanmetENERGY

Початок

Енергетична модель

Засоби

Рис.3 Кінцевий вигляд листа «Початок».

Значення спожитої гарячої води у комірці «Щоденне споживання гарячої води - оціночно» залежить від обраних «Тип навантаження» та «Кількість одиниць / Житель» і є величиною рекомендованою. У подальших розрахунках участі не приймає.

Необхідно звернути увагу на обов'язкову активацію комірки «Відсоток місяців використання» (рис.4 поз.1), заповнення якої виконується у відповідності до варіанту. Якщо вони не заповнені, то програма приймає, що система працює цілий рік.

RETScreen4-1 RETScreen - Microsoft E

Главная Вставка Разметка страницы Формулы Данные Рецензирование Вид Настройки RETScreen

D721

Енергетична модель RETScreen - Проект теплопостачання

Проект теплопостачання

Технологія Сонячний водонагрівач

Характеристики навантаження

Застосування

☐ Плавальний басейн

☒ Гаряча вода

Одиниця	Базовий	Запропонований
Житель	Дім	
%	5	
%	100%	
л/день	300	
л/день	300	300
°C	55	55
д	7	7

Місяць

Січень		
Лютий		
Березень	100%	100%
Квітень	100%	100%
Травень	100%	100%
Червень	100%	100%
Липень	100%	100%
Серпень	100%	100%
Вересень	100%	100%
Жовтень		
Листопад		
Грудень		

☒ Відсоток місяців використання

Метод підведеної температури

Температура води - мінімум

Температура води - максимум

Одиниця	Базовий	Запропонований
°C	Заданий користувачем	
°C	5	
°C	15	

Опалення

Одиниця	Базовий	Запропонований
МВт·год	3,3	3,3

Зекономлена енергія

0%

Додаткові капітальні

UAH 2 000

Оцінка ресурсів

Режим слідування за сонцем

Нахил

Азимут

	Зафіксоване
°	45,0
°	0,0

☒ Показат дані

Місяць	Денна сума сонячної радіації - на горизонтальній	Денна сума сонячної радіації - на похилу
Січень	0,84	1,62
Лютий	1,55	2,54
Березень	2,58	3,29
Квітень	3,73	4,00
Травень	5,26	5,05
Червень	5,71	5,18
Липень	5,46	5,08
Серпень	4,69	4,85
Вересень	3,23	3,90
Жовтень	1,86	2,76
Листопад	0,81	1,33
Грудень	0,57	1,15
Щорічний	3,03	3,40

Щорічна доза сонячної радіації - на горизонтальну поверхню

МВтч/м²

1,11

Щорічна доза сонячної радіації - на похилу поверхню

МВтч/м²

1,24

Рис. 4 Приклад заповнення розділу «Проект теплопостачання».

Комірки «Базовий» та «Запропонований» (рис.4. поз.2 та 3) заповнюються однаково. Якщо величини відсотків використання відрізняються, то розуміють, що паралельно з встановленням сонячного колектору проводяться зміни умов споживання гарячої води (зниження або збільшення витрати води). Температуру гарячої води вважаємо сталою – $t_{ГВ} = 55^{\circ}\text{C}$, а холодної води приймаємо мінімальну $t_{ХВ}^{\text{MIN}} = 5^{\circ}\text{C}$, максимальну – $t_{ХВ}^{\text{MAX}} = 15^{\circ}\text{C}$.

Після заповнення комірок програма розраховує кількість спожитої енергії (рис.4 поз.4) на гаряче водопостачання за формулою:

$$Q = G_{В} \cdot c_{РВ} \cdot (t_{ГВ} - \bar{t}_{ХВ}) \cdot n,$$

де $G_{В}$ - масова витрата гарячої води, кг/с;

$c_{РВ}$ - масова ізобарна теплоємність води, кДж/(кг · К);

$t_{ГВ} - \bar{t}_{ХВ}$ - різниця між температурою гарячої води і середньої температурою холодної води:

$$\bar{t}_{ХВ} = \frac{t_{ХВ}^{\text{MAX}} + t_{ХВ}^{\text{MIN}}}{2};$$

n - кількість годин роботи установки протягом року відповідно до варіанту.

Оскільки базовий і запропонований варіанти співпадають, то економії енергії немає (рис.4 поз.5). Додаткові капітальні витрати (рис.4 поз.6) можна вносити, якщо хочемо вказати про можливі грошові витрати, наприклад, на обслуговування колекторів.

Заповнюємо «Оцінка ресурсів» (рис.4 поз.7).

«Режим слідування за сонцем» обираємо «Зафіксоване». Інші режими потребують додаткових капітальних затрат, але збільшують кількість поглиненої сонячної радіації.

Користувач вводить в комірку «Нахил» значення кута між СК і горизонтальною поверхнею в градусах у відповідності до варіанту завдання.

«Азимут» - кут між проекцією на горизонтальну поверхню нормалі до площини СК і напрямом на південь (знак не має значення). Бажана орієнтація СК - на південь, коли кут азимута - 0° у північній півкулі і 180° в південній півкулі.

При активації «Показати дані» (рис.4 поз.8) з'являються значення денної сонячної радіації на горизонтальну та похилу поверхню в залежності від місяця року для певного міста.

Сонячний водонагрівач.

Далі проводиться розрахунок сонячного водонагрівача.

В програмі розглядаються наступні типи СК (рис.5 поз.1):

- незасклений (UnGlazed) – «Неполірований» (в перекладі програми);
- засклений (Glazed) - «Полірований» (в перекладі програми);
- вакуумований (Evacuated) - «Вакуумований»;
- інші.

Незасклені колектори виготовляють з чорного полімеру. Їх конструкція не передбачає селективне покриття, каркас і тильну ізоляцію. Ці колектори розташовують на даху будинків або на дерев'яній основі. СК мають велику поглинальну здатність, але теплові втрати різко зростають зі збільшенням температури води в колекторі, особливо при високих швидкостях вітру, тому при розрахунках вводяться поправки на швидкість вітру:

для Fr ($\tau \alpha$) :

$$[Fr(\tau \alpha)] - [Fr(\tau \alpha)]_{wind} * V;$$

для $Fr U_L$:

$$[Fr U_L] + [Fr U_L]_{wind} * V,$$

де: $[Fr(\tau \alpha)]_{wind}$, $с/м$, і $[Fr U_L]_{wind}$, $Дж/(м^2 \text{ } ^\circ C)$, корегувальні коефіцієнти, які враховують швидкість вітру V , $м/с$.

Незасклені колектори використовують там, де потрібні низькі температури води, наприклад, нагрівання води в басейні і тільки в літній період через високі теплові втрати.

Засклені колектори мають корпус зі скляним покриттям з лицьового боку і ізоляцію з тильного боку та абсорбер з селективним або неселективним покриттям. Вони характеризуються високим оптичним к.к.д. та відносно низькими тепловими втратами в навколишнє середовище.

Засклені СК зазвичай використовуються при помірних температурах (гаряче водопостачання житлових будинків, опалення, нагрівання води для технологічних процесів до 50 °С або нижче) в умовах помірного або холодного клімату. Дані колектори можуть працювати цілий рік при використанні робочих рідин з низькою температурою замерзання. Для заскленних колекторів параметри Fr (τ_{α}) і FrU_L не залежать від швидкості вітру.

Вакуумовані колектори мають селективні покриття на внутрішній поверхні герметичної вакуумованої трубки. Вони мають велику поглинальну здатність сонячного випромінювання, їх теплові втрати в навколишнє середовище надзвичайно низькі. Вакуумовані колектори застосовуються там, де потрібні високі температури теплоносія, приблизно від 60 °С до 80 °С в умовах холодного клімату протягом року з захистом від замерзання. Для вакуумованих колекторів параметри Fr (τ_{α}) і FrU_L не залежать від швидкості вітру.

При виборі певного типу колектора необхідно активувати «Дивіться Базу даних обладнання» (рис.5 поз.2) та обрати фірму виробника і модель СК (рис.5 поз.3). Введення даних у програму здійснюється за допомогою кнопки «Внести дані» (рис.5 поз.4). У випадку обрання іншого СК, дані якого відсутні, користувач вводить його характеристики самостійно.

Якщо обраний "Неполірований" тип колектора, то з'являються додаткові комірки з значеннями поправок на швидкість вітру для коефіцієнтів Fr і FrU_L . При відсутності цих значень користувач може обрати їх самостійно з урахуванням:

- для Fr (τ_{α}) значення поправки змінюється від 0,03 до 0,05 с/м.
- для FrU_L , - від 3 до 15 Дж/(м² °С).

Програма самостійно розраховує кількість колекторів для даної системи сонячного нагрівання води. Ця інформація з'являється праворуч від жовтої комірки «Кількість колекторів» (рис.5 поз.6).

Сонячний водонагрівач

Тип: **Поповнений**

Виробник: **ACR Solar International**

Модель: **Skyline 20-01**

Загальна площа сонячного колектору: 1,87 м²

Площа розкривання сонячного колектора: 1,72 м²

Коефіцієнт Fr (tau alpha): 0,60

Коефіцієнт Fr UL: 3,73

Температурний коефіцієнт для Fr UL: 0,000

Кількість колекторів: 3,73

Площа сонячного колектора: 2,41 м²

Потужність: 10,00 %

Інші втрати: 10,00 %

Баланс системи та інше

Акумуляування: **Так**

Ємність акумуляторів / площа сонячного колектора: 60 л/м²

Ємність акумуляторів: 206,4 л

Теплообмінник: **Так**

ККД теплообмінника: 98,00 %

Інші втрати: 1,00 %

Потужність насоса / площа сонячного колектора: 100,00 Вт/м²

Ціна на електроенергію: 0,380 UAH/kWh-год

Резюме

Споживання електроенергії - насос: 0,6 MWh-год

Надане тепло: 1,2 MWh-год

Доля сонячної енергії: 37 %

Опалювальна система

Перевірка проекту: **9**

Вид палива: **Природний газ -**

Сезона ефективність: 60 %

Споживання палива - щорічне: 1,014,5 м³

Вартість палива: 7,000 UAH/м³

Вартість палива: 7,101 UAH

Базовий Запропонований

Природний газ - Природний газ -

м³ м³

60 % 60 %

1,014,5 361,3

7,000 7,000

7,101 2,529

RETScreen

Система: **Опалення**

Технологія: **Сонячний водонагрівач**

Тип: **Поповнений**

Виробник: **ACR Solar International**

Модель: **Skyline 20-01**

Загальна площа сонячного колектору: 1,87 м²

Площа розкривання сонячного колектора: 1,72 м²

Коефіцієнт Fr (tau alpha): 0,6

Коефіцієнт Fr UL: 3,73 (Вт/м²)/°C

Температурний коефіцієнт для Fr UL: 0 (Вт/м²)/°C³

Джерело: SRCC 100-2001-1002A

Для технічних коментарів: **Дивіться Базу даних опалення**

4

5

2

3

1

6

7

8

9

Рис. 5 Приклад заповнення розділу «Проект тепlopостачання» (продовження).

Запропонована кількість колекторів використовується як відправна точка в розрахунках. Ефективність колектора змінюється в залежності від його виду, кліматичних умов і сезону використання. Кількість колекторів може змінюватись від одного, для маленьких систем забезпечення житлових будинків, до декількох сотень, для великих комерційних або індустріальних об'єктів.

"N/A" може з'явитися, якщо програма не може запропонувати кількість колекторів.

У випадку, якщо користувач погоджується з запропонованою кількістю колекторів, то в жовту комірку вноситься це значення (рис.5 поз.7). Якщо користувач не погоджується, він самостійно вносить свою фактичну кількість колекторів.

Програма обраховує «Площа сонячного колектора» та «Потужність».

Необхідно враховувати, що користувач може бути обмежений площею, доступною для установки колекторів, наприклад, при установці на даху будівлі.

Комірка «Інші втрати» заповнюється з урахуванням можливих додаткових втрат в колекторі.

Баланс системи та інше.

Програмою передбачено два напрями застосування системи СК: гаряче водопостачання з акумулюванням або без нього.

В даному комп'ютерному практикумі запропоновано розглянути систему акумулювання гарячої води, тому в активованій комірці «Акумулювання» обираємо «Так» (рис.5 поз.8).

Ємність (л/м²) акумулятора обираємо з умови, що чим більше акумулююча ємність, тим на більш тривалий період розрахований акумулятор, проте при цьому збільшуються теплові втрати з поверхні акумулятора і вартість обладнання. Номінальне значення становить 75 л/м², а типові - від 37,5 до 100 л/м².

Програма обчислює ємність акумулятора в літрах. Ця величина розраховується як добуток «Ємність акумулятора / площі СК» на «Площа СК» і залежить від галузі застосування колекторів. Величина ємності акумулятора може бути від декількох сотень літрів для гарячого водопостачання житлових будинків до декількох тисяч літрів для індустріальних застосувань.

Якщо контур СК (геліоконтур) замкнений, а передача теплоти в наступну частину системи здійснюється через теплообмінник, то користувач вибирає в комірці «Теплообмінник» «Так». У цьому випадку програма припускає, що робочим тілом геліоконтура є антифриз. Якщо теплообмінник відсутній – «Ні». У цьому випадку вода безпосередньо нагрівається в СК і йде до споживача. Тому таку систему відключають при можливій загрозі замерзання.

Ефективність теплообмінника лежить в діапазоні від 50% до 85% залежно від типу теплообмінника. Як типові значення ефективності пропонується 80%. Інші втрати приймаються від 1% до 5%.

Користувач вводить потужність насоса, яка відноситься до одиниці площі СК в Вт / м².

У сонячних системах відкритого типу використовується тільки один насос для перекачування води від бака-акумулятора до СК. Типові значення потужності насоса складають від 3 до 22 Вт / м². Використовують більш високі значення потужності у випадку малих діаметрів або великих довжин труб геліоконтура пропорційно площі сонячних колекторів (табл. 4).

Таблиця 4.

Типові значення відношення потужності насоса до площі колекторів

Площа СК, м ²	Потужність насоса, Вт	Діапазон відношення потужності насоса до площі СК, Вт / м ²
2÷6	20÷45	3÷20
6÷12	85	7÷15
12÷35	185	5÷15
35÷60	205	3,5÷6

В системах із замкненим геліоконтуром використовується антифриз в якості теплоносія, і такі системи працюють в умовах більш холодного клімату (рис.6). Для них потрібна більша потужність насоса, ніж для відкритих систем в умовах помірного клімату, що обумовлено більшою в'язкістю теплоносія при низьких температурах.

У великих системах із замкненим геліоконтуром з баком-акумулятором і зовнішнім теплообмінником значення потужності насоса, вказані вище, повинні бути збільшені в $1,5 \div 2$ рази, оскільки в цьому випадку потрібно два насоса.

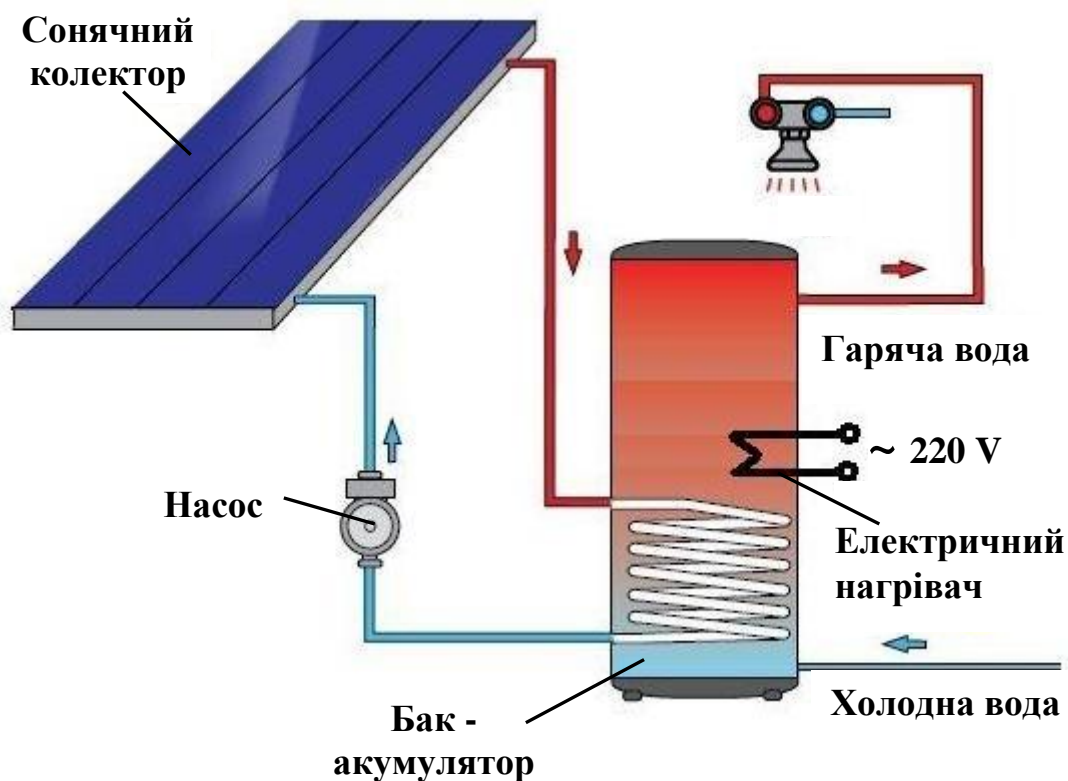


Рис. 6 Схема двоконтурної системи сонячного нагрівання води.

Ціну на електричну енергію обираємо в залежності від місця розташування об'єкту.

Програма обчислює приблизну кількість електричної енергії (МВт·год), необхідної для роботи насосів сонячної системи нагрівання води протягом періоду використання та кількість теплоти, яка отримана за рахунок використання сонячного колектора (МВт·год).

«Доля сонячної енергії» (%), що покривається за рахунок використання СК протягом періоду роботи системи обчислюється автоматично з урахуванням: поглиненої сонячної енергії, типу та кількості СК.

Системи сонячного гарячого водопостачання мають коефіцієнт заміщення від 10 до 70% залежно від клімату, розміру системи і навантаження. Оптимальне значення коефіцієнта заміщення з точки зору рентабельності системи СК для цілорічного режиму роботи системи становить близько 30 – 50%.

Для більшості систем гарячого водопостачання без акумулювання значення коефіцієнта заміщення не повинно перевищувати 15%, з акумулюванням це значення лежить в діапазоні від 10 до 70%.

Взагалі, чим більше коефіцієнт заміщення, тим нижче ефективність системи (щоб отримати більше значення коефіцієнта заміщення, необхідно збільшити площу СК, і система буде працювати більш часто при високій температурі з більш низькою ефективністю).

Опалювальна система.

В роботі розглядається тільки система ГВП. Комірка «Перевірка системи» не заповнюється (рис.5 поз.9).

Користувач вибирає тип палива базової системи нагрівання води, яка замінюється системою СК з варіанта або таблиці 5.

Таблиця 5.

Теплота згорання палива

Тип палива	Середня теплота згорання палива
Природний газ	37,2 МДж/м ³
Пропан	26,6 МДж/л
Дизельне паливо	38,7 МДж/л
Мазут	40,5 МДж/л
Електрична енергія	1кВт·год/кВт·год
Інше	1,0

Користувач вводить середню за сезон ефективність (%) використання базової системи нагрівання води. Її значення знаходяться в діапазоні від 60 % для нагрівачів води, які працюють за рахунок спалювання традиційних видів палива, до 100 % для електричних нагрівачів (табл. 6).

Якщо в якості базової системи використовується тепловий насос, то користувач повинен обрати «Електричну енергію» як «Тип палива» і ввести ефективність системи вище 100 %, наприклад 180 %.

Таблиця 6.

Типові значення ефективності системи опалення

Тип системи опалення	Типові значення річної ефективності системи опалення, %
Стандартні бойлери / котли	60÷70
Середньоєфективні бойлери / котли	70÷80
Високоєфективні бойлери / котли	80÷90
Резистивний нагрів	100
Повітряний тепловий насос	130÷200
Грунтовий тепловий насос	300÷350

Після вибору типу палива визначається його щорічне споживання.

При встановленні СК можуть бути додаткові грошові витрати на зміну системи опалення. Ці кошти вносять в колонку «Додаткові капітальні затрати» навпроти комірки «Сезона ефективність».

Річна «Вартість палива», (грн.), розраховується програмою з урахуванням ціни одиниці палива (грн. / м³, грн. / кг, грн. / л, грн. / кВт · год).

Розділ «Аналіз викидів».

В розділі вводять (див. рис.7):

- 1) «Країна - регіон» де встановлена система;

- 2) «Вид палива»;
- 3) «Операційний збір за надання кредиту по ПГ», приймаємо рівним 0 %;
- 4) «Ставку кредиту на зменшення викидів ПГ» , приймаємо рівним 0 %.

«Коефіцієнт викидів ПГ» (рис.7 поз.1) розраховується програмою, але є можливість самостійного введення значення, якщо запропоноване програмою не влаштовує користувача.

В комірці «Втрати при транспортуванні та розподіленні» (рис.7 поз.2) програмою пропонується значення 1%, якщо воно не влаштовує користувача, то є можливість самостійно його змінити.

Базова система електропостачання (базова лінія)		Коефіцієнт викидів ПГ (до втрат) tCO2/MВт	Втрати при транспортуванні та розподіленні %	Коефіцієнт викидів ПГ tCO2/MВт
Країна - регіон	Вид палива			
Ukraine	Всі види	0,392	1,0%	0,396

Викиди ПГ				
Базовий випадок	tCO2	1,9		
Запропонований випадок	tCO2	0,9		
Загальне щорічне скорочення викидів ПГ	tCO2	1,0		
Операційний збір за надання кредиту по ПГ	%			
Чисте щорічне скорочення викидів ПГ	tCO2	1,0	еквівалентно	0,2

Дохід за рахунок зниження викидів ПГ	
Ставка кредиту на зменшення викидів ПГ	UAH/tCO2

Рис.7 Приклад заповнення розділу «Аналіз викидів».

У рядку «Чисте щорічне скорочення викидів ПГ» (рис.7 поз.3) обирають систему для порівняння викидів різними забруднювачами.

Інші характеристики програма розраховує автоматично.

Розділу «Фінансовий аналіз».

Економічна оцінка ефективності інвестицій проєктованих об'єктів полягає в зіставленні капітальних витрат за всіма джерелами фінансування, експлуатаційних витрат та інших витрат з надходженнями, які матимуть місце при експлуатації розглянутих об'єктів.

Розрізняють два основних підходи до оцінки економічної ефективності: без урахування фактору часу, коли рівні суми доходу, одержувані в різний час розглядаються як рівноцінні, і з урахуванням фактору часу. Відповідно до цього і методи оцінки економічної ефективності поділяються на дві групи: прості (статичні) та методи дисконтування (інтегральні).

Розрахунковий період (строк життя проєкту) - це період часу, протягом якого інвестор планує повернути вкладені кошти і додатково отримати прибуток.

Безпосереднім об'єктом економічного і фінансового аналізу є потоки платежів, що характеризують процеси інвестування та отримання доходів у вигляді однієї суміщеної послідовності. Результуючий потік платежів формується як різниця між чистими доходами від реалізації проєкту та витратами в одиницю часу.

Під чистим доходом розуміється дохід, отриманий в кожному часовому інтервалі від виробничої діяльності за вирахуванням всіх платежів, пов'язаних з його отриманням (витратами на оплату праці, сировину, енергію, податки і т.д.). При цьому нарахування амортизації не відноситься до поточних витрат.

В розділі вводять значення наступних показників (рис.8):

1. «Фінансові показники»:

- «Темп інфляції»;
- «Строк реалізації проєкту»;
- «Коефіцієнт заборгованості».

2. «Початкові затрати»:

- Інше.

3. «Стимулювання і гранти».

4. «Щорічні затрати і виплати займового капіталу»:

- «Затрати на експлуатацію і обслуговування (економія)»;

- Інше.

5. «Щорічна економія і дохід»:

- Інше.

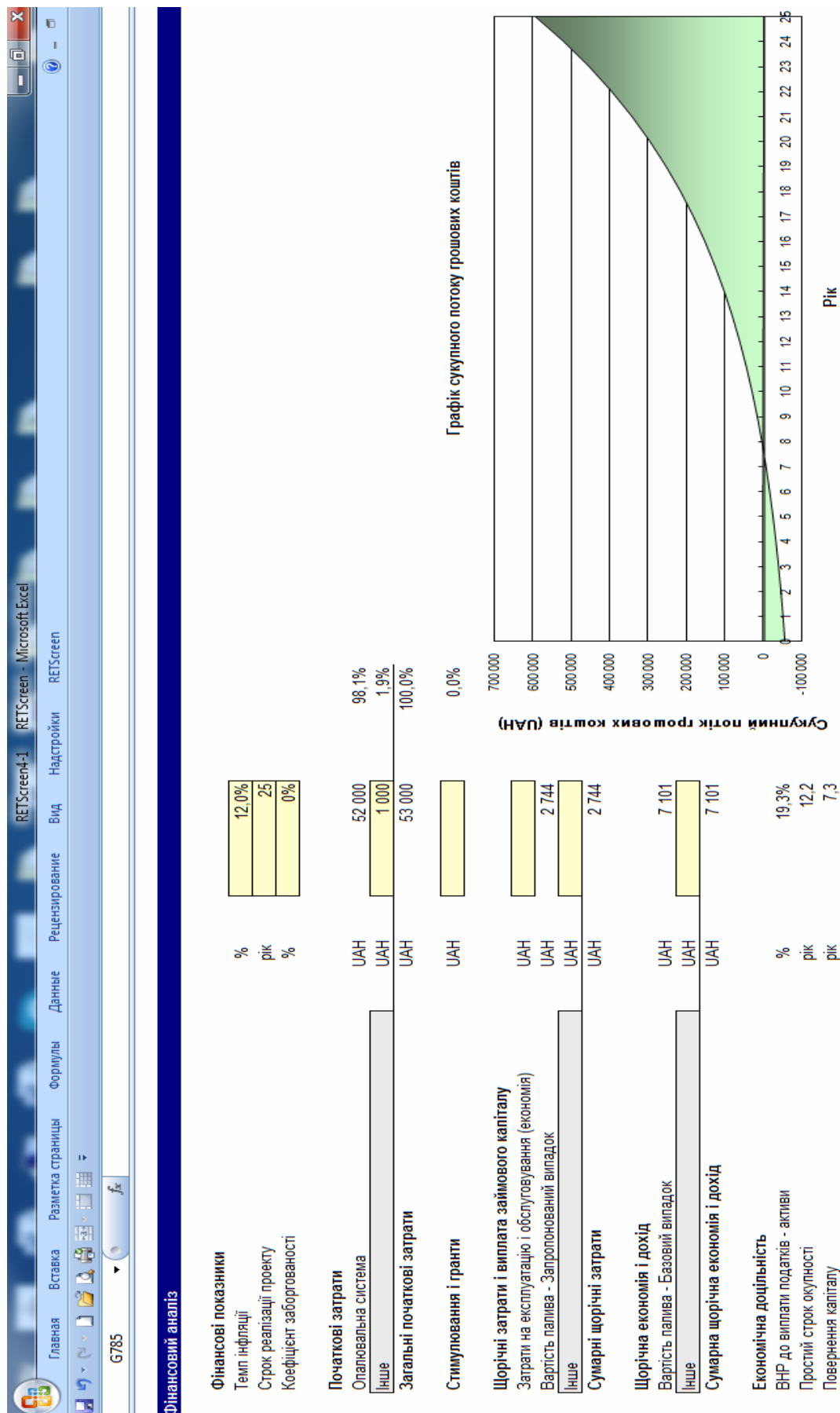


Рис.8 Приклад заповнення розділу «Аналіз викидів».

Обов'язковим є заповнення комірки «Строк реалізації проекту», який залежить від «строку життя» основних елементів системи (найбільш важливої частини основного капіталу) та складає приблизно від 20 до 25 років.

«Темп інфляції» - характеризує зміни загального рівня цін на товари і послуги, придбані населенням для невиробничого споживання - впливає на економічну доцільність проекту і визначається узагальненням інформації з Інтернету.

Підвищення щорічних витрат на «Затрати на експлуатацію і обслуговування (економія)», вартість палива (ціна одиниці палива) збільшує строк окупності системи та повернення капіталу.

За результатами розрахунку програма будує «Графік сукупного потоку грошових коштів» (див. рис.8).

У випадку економічної недоцільності проекту або помилок при заповненні програми «Графік сукупного потоку грошових коштів» буде мати інший вигляд без визначення строку окупності.

3 ПОСЛІДОВНІСТЬ ВИКОНАННЯ РОБОТИ І ОФОРМЛЕННЯ ЗВІТУ

Робота виконується у відповідності до варіанту у послідовності зазначеній у розділі 2. Додаткову інформацію добирають з мережі Інтернет або довідників чи спеціальної літератури.

На підставі виконаної роботи скласти звіт, який включає:

1. Стислий опис роботи (мета, завдання, теоретичні відомості та інше).
2. Принципову схему установки для нагрівання води з сонячним колектором.
3. Результати розрахунків в програмі RETScreen (обов'язковими є рис. 3-5, 7 та 8)

4. Висновки.

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Для чого призначена програма «RETScreen».
2. Опишіть структуру програми «RETScreen».
3. Що називається кутом нахилу колектора?
4. Як визначається азимут сонячного колектора?
5. Яка сутність параметра «місячна частка використання»?
6. Які напрямки застосування системи сонячних колекторів вам відомі?
7. У яких випадках необхідне використання акумулятора теплоти в системах сонячного нагрівання води?
8. У яких випадках допускається проектування системи сонячних колекторів без акумулятора теплоти?
9. Які види навантажень системи гарячого водопостачання використовуються для моделювання в програмі?
10. Які типи сонячних колекторів використовуються для моделювання в програмі?
11. Назвіть основні області застосування кожного типу сонячних колекторів?
12. Назвіть класифікацію систем сонячного нагрівання води.
13. Які види систем сонячного нагрівання води використовуються для моделювання в програмі?
14. Які види теплообмінників застосовуються в системах сонячного нагрівання води?
15. Назвіть енергетичні характеристики системи сонячних колекторів.

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. <http://www.retscreen.net>.
2. <http://www.sintsolar.com.ua>.
3. У. Бекман, С. Клейн, Дж. Даффи. Расчет систем солнечного теплоснабжения. – М.: Энергоиздат, 1982. – 80 с.
4. Харченко Н.В. Индивидуальные солнечные установки. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 208 с.
5. Н.М. Мхитарян. Гелиоэнергетика. – К.: Наукова думка, 2002. – 350 с.
6. Настанова з улаштування систем сонячного теплопостачання в будинках житлового і громадського призначення. ДСТУ-Н Б-В.2.5-43: 2010. –К., МінРегіонБуд, 2010.

ДОДАТОК

Таблиця Д1.

Вихідні дані.

Варіант	Місто	Період	m	N	s	Вид палива	Q^P_H
		міс.	чол.	л/доба	град.		МДж/кг (МДж/нм ³)
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Донецьк	III-X	5	50	30	вугілля	18,70
2	Житомир	III-X	4	75	35	прир. газ	36,34
3	Запоріжжя	III-XI	6	100	35	мазут	37,05
4	Івано-Франківськ	III-XI	8	50	40	вугілля	20,03
5	Тернопіль	IV-XI	8	50	30	прир. газ	36,27
6	Ужгород	III-XI	7	75	40	мазут	36,69
7	Харків	III-IX	5	100	40	вугілля	21,53
8	Херсон	II-XI	4	50	35	прир. газ	31,08
9	Хмельницький	III-X	6	75	40	мазут	37,72
10	Черкаси	III-X	8	100	30	вугілля	18,03
11	Чернігів	IV-IX	7	50	35	прир. газ	35,84
12	Одеса	II-XI	6	50	40	мазут	36,84
13	Полтава	III-X	8	75	30	вугілля	18,52
14	Рівне	III-X	7	100	30	прир. газ	35,51
15	Севастополь	I-XII	5	50	40	мазут	37,39
16	Сімферополь	I-XI	4	75	40	вугілля	16,81
17	Суми	IV-IX	6	100	30	прир. газ	37,77
18	Чернівці	III-X	5	75	40	мазут	36,63
19	Ялта	I-XII	4	100	40	вугілля	19,97
20	Бердянськ	I-XI	6	50	35	прир. газ	37,76
21	Вінниця	III-XI	8	75	30	мазут	37,43
22	Ізмаїл	II-XII	7	75	35	вугілля	20,81
23	Керч	II-XII	5	100	35	прир. газ	36,74
24	Феодосія	I-XII	4	80	30	мазут	37,04
25	Кіровоград	III-XI	6	75	30	вугілля	18,71
26	Луганськ	III-XI	8	100	40	прир. газ	37,50
27	Луцьк	III-X	7	50	35	мазут	38,92
28	Львів	IV-X	5	75	35	вугілля	19,52
29	Маріуполь	II-XI	4	100	40	прир. газ	37,04
30	Київ	IV-IX	4	50	30	мазут	37,04

Для нотаток